

A Teoria da Trofobiose sob a abordagem sistêmica da agricultura: eficácia de práticas em agricultura orgânica.

The Trophobiosis Theory based on agriculture systemic approach: efficiency of organic agriculture practices

VILANOVA, Clélio¹; SILVA JÚNIOR, Carlos Dias da².

¹Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Mestrado em Agroecossistemas, Aracaju/SE, Brasil, vila@infonet.com.br; ² Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biologia, Aracaju/SE, Brasil, cdias@ufs.br

RESUMO: Na agricultura, o enfoque sistêmico é cada vez mais necessário, devido à crescente complexidade de sistemas organizados e manejados pelo homem e da emergência do conceito de sustentabilidade. Na abordagem sistêmica se busca entender as interações de fatores e a complexidade ambiental, com o estudo do desempenho total de sistemas, em vez de se concentrar isoladamente nas partes. A resistência fisiológica vegetal, que tem um dos mecanismos na Trofobiose, contempla uma visão sistêmica, considerando que o ambiente de uma planta cultivada individual é composto de muitos fatores que interagem e que o manejo sustentável do agroecossistema requer o conhecimento da complexidade do ambiente e de como os fatores podem ser manejados. De acordo com a Teoria da Trofobiose, todo organismo vegetal fica vulnerável à infestação de pragas e doenças quando há excessos de aminoácidos livres e açúcares redutores no sistema metabólico. No presente estudo, com base em princípios e métodos agroecológicos, procura-se determinar quais as práticas de agricultura orgânica podem ser mais eficazes na contribuição ao equilíbrio trofobiótico e como a trofobiose está diretamente relacionada ao manejo agroecológico das culturas, contribuindo para a resistência fisiológica vegetal e caracterizando-se como um mecanismo de sustentabilidade do agroecossistema.

PALAVRAS-CHAVE: trofobiose, abordagem sistêmica, agricultura orgânica.

ABSTRACT: In agriculture, the systemic focus is more and more necessary, because of the crescent complexity of organized systems managed by man and the urgency of the sustainability concept. The systemic approach looks for understanding the interaction of factors and the ambient complexity, with a study of the total development of systems, instead of concentrating in isolated parts. The physiologic vegetal resistance, that has one mechanism in Trophobiosis, contemplates the systemic vision, considering that the environment of an individual crop plant consists of many factors that interact among themselves and that the sustainable management of the agro-ecosystem requires the knowledge of the environment complexity and of how the factors can be managed. According to the Trophobiosis Theory, every vegetal organism is vulnerable to the pest infestation and illness when excess of free amino acids and glycosides reductor species are present in the metabolic system. This study, based on agro ecological principles and methodology, tries to determine which organic agricultural practice can be more efficient in the contribution to the trophobiotic equilibrium and how the trophobiosis is directly related to the crops agro ecological management, helping out to the physiological vegetal resistance and distinguishing itself as an agro-ecosystem mechanism of sustainability.

KEY WORDS: trophobiosis, systemic approach, organic agriculture.

Correspondências para: vila@infonet.com.br

Aceito para publicação em 25/04/2009

Introdução

O termo Trofobiose origina-se do grego: *Trophos* (alimento) e *Biosis* (existência de vida). De acordo com essa Teoria, todo organismo vegetal fica vulnerável à infestação de pragas e doenças quando excessos de aminoácidos livres e açúcares redutores estão presentes no sistema metabólico (POLITO, 2005). A trofobiose está diretamente relacionada ao manejo agroecológico das culturas, contribuindo para a resistência fisiológica vegetal e sustentabilidade do agroecossistema.

A Agroecologia, a partir de um enfoque sistêmico, adota o agroecossistema como unidade de análise e proporciona as bases científicas (princípios, conceitos e metodologias) para apoiar o processo de transição do atual modelo de agricultura convencional para estilos de agriculturas sustentáveis. Sendo o agroecossistema a unidade fundamental de estudo, nos quais os ciclos minerais, as transformações energéticas, os processos biológicos e as relações sócio-econômicas são vistas e analisadas em seu conjunto, seus objetivos não são a maximização da produção de uma atividade particular, mas a otimização do agroecossistema como um todo. Isso significa a necessidade de uma maior ênfase no conhecimento, na análise e na interpretação das complexas relações existentes entre as pessoas, os cultivos, o solo, a água e os animais. Nesta perspectiva, torna-se evidente a necessidade de se adotar um enfoque holístico e sistêmico em todas as intervenções que visem transformar ecossistemas em agroecossistemas (ALTIERI, 2002; CAPORAL & COSTABEBER, 2004).

A abordagem sistêmica visa ao estudo do desempenho total de sistemas, em vez de se concentrar isoladamente nas partes. Na agricultura, o enfoque sistêmico tem-se tornado cada vez mais necessário, devido à crescente complexidade de sistemas organizados e manejados pelo homem e da emergência do

conceito de sustentabilidade (PINHEIRO, 2000).

A sanidade dos organismos agrícolas deve ser considerada como uma situação de equilíbrio dinâmico, pela qual se busca atingir a sustentabilidade, da qual os ecossistemas naturais nos oferecem amostras. Como os agroecossistemas não são naturais, mas mantidos pelo homem para privilegiar os cultígenes de seu interesse, são necessárias medidas compensadoras, que constituem as técnicas de agricultura orgânica (DEFFUNE, 2007).

A sanidade dos vegetais e animais e a qualidade de seus produtos dependem não só das técnicas adotadas, mas da aplicação consciente do conhecimento dos processos vitais envolvidos e da natureza dos problemas (pragas, doenças) que necessitem ser resolvidos (DEFFUNE, 2007). Considerando os efeitos das tecnologias sobre a agricultura, há de se observar, de forma sistêmica, os mecanismos de causa e efeito das tecnologias sobre a sustentabilidade do agroecossistema, da mesma forma em que Hipócrates, pai da Medicina recomendava: *Sublata causa tollitur effectus* ("eliminada a causa cessam os efeitos"). Com essa premissa, o cientista francês Francis Chaboussou estabeleceu as bases da Teoria da Trofobiose, considerando que o ataque de pragas e doenças nos cultivos é um efeito, cuja causa está no desequilíbrio metabólico da planta (PINHEIRO & BARRETO, 1996).

De forma sustentável, a agricultura orgânica utiliza uma dos pilares de qualquer ecossistema – o solo – como "um espaço habitado por milhares de organismos, com infindáveis interações entre si e com os componentes não vivos, comportando-se como um componente vivo dentro do ecossistema, afetando e sendo diretamente afetado pelas práticas culturais utilizadas no processo de produção" (FEIDEN, 2001). De acordo com Gliessman (2005), os princípios e métodos ecológicos, que formam a base da

Agroecologia, são essenciais para determinar: se uma prática, insumo ou decisão de manejo agrícola é sustentável; a base ecológica para o funcionamento, a longo prazo, da estratégia de manejo escolhida. Uma vez que esses estejam identificados, podem ser desenvolvidas práticas que reduzam os insumos externos comprados, diminuam os impactos de tais insumos quando usados e estabeleçam uma base para desenhar sistemas que ajudem os produtores a sustentar seus cultivos e suas comunidades produtoras.

No presente estudo, com base em princípios e métodos agroecológicos, procura-se determinar quais as práticas de agricultura orgânica podem ser mais eficazes na contribuição ao equilíbrio trofobiótico e como a trofobiose está diretamente relacionada ao manejo agroecológico das culturas, contribuindo para a resistência fisiológica vegetal e caracterizando-se como um mecanismo de sustentabilidade do agroecossistema.

Materiais e métodos

Os estudos foram desenvolvidos na mesorregião do Agreste Sergipano, no Estado de Sergipe. O sistema de agricultura orgânica do Agreste Sergipano está caracterizado pelo cultivo predominante e diversificado de hortaliças, associado com pequena pecuária (gado de leite e ovinos). Os produtores orgânicos estão organizados em associações (ASPOAGRE – Associação de Produtores Orgânicos do Agreste e APM – Associação dos Pequenos e Médios Empreendedores Rurais de Malhador) e desenvolvem o sistema, em pequenas propriedades, há cerca de sete anos, com certificação pelo Instituto Biodinâmico – IBD. Dentre o grupo de produtores foi identificado um produtor padrão (Sr. Carlos Batista dos Santos), em cuja unidade familiar de produção (Sítio Matapuã), de 4,8 hectares, desenvolve seu cultivo hortícola diversificado (com plantios de couve, cenoura, tomate, abóbora, pimentão, batata), associado a pequena pecuária (gado leiteiro e

ovinos) e onde executa a grande maioria das práticas de agricultura orgânica adotadas pelo grupo de produtores, com regularidade e eficiência, sendo, portanto, representativo no sistema de produção adotado pelo grupo. A propriedade analisada (Sítio Matapuã) está localizada no município de Itabaiana, com coordenadas UTM N 06 66 81 e E 88 23 10 e altitude de 223 m.

A caracterização das áreas produtivas, do grupo de produtores e do sistema de produção orgânica adotado no Agreste Sergipano, considerados neste estudo, está baseada em diagnósticos realizados pelo SEBRAE/SE (2006a e 2006b).

Foram identificadas, dentro do sistema de produção, as práticas mais eficazes para alcançar um equilíbrio trofobiótico e como a trofobiose está diretamente relacionada ao manejo agroecológico das culturas, contribuindo para a resistência fisiológica vegetal e caracterizando-se como um mecanismo de sustentabilidade do agroecossistema. Embora escolhidas conforme o sistema de produção da área em estudo (agricultura orgânica do Agreste Sergipano), as práticas são comuns aos padrões de cultivo utilizados em qualquer plantio que adote os preceitos da Agricultura Orgânica.

Resultados e discussão

Sustentabilidade de práticas agrícolas mediante princípios agroecológicos – Manejo da complexidade

O ambiente, no qual um organismo individual ocorre, precisa ser compreendido como um conjunto dinâmico, em constante mudança, de todos os fatores ambientais (luz, temperatura, precipitação, vento, solo, umidade do solo, fogo e fatores bióticos) em interação, ou seja, como um complexo ambiental. O manejo sustentável de agroecossistemas requer o conhecimento de

como fatores individuais afetam organismos cultivados e como todos os fatores interagem para formar o complexo ambiental (GLIESSMAN, 2005).

Diante dos recursos naturais, as práticas executadas nos agroecossistemas pela agricultura orgânica têm o objetivo de otimizar os fluxos de nutrientes, reduzir as perdas e melhorar as condições ambientais para proporcionar produtividades ótimas das culturas com sustentabilidade, considerando-se as suas inter-relações e implicações com e sobre o restante do sistema (FEIDEN, 2001).

Estando a trofobiose intimamente relacionada aos mecanismos fisiológicos do estresse, capaz de motivar o estado em que aminoácidos livres e açúcares redutores estejam disponíveis para alimentação de fitoparasitas, é importante observar os fatores que promovam esse estresse, bem como as práticas agrícolas capazes de minimizá-lo.

Uma série de condições do ambiente natural pode causar o estresse da planta (LARCHER, 2000):

- fatores abióticos – fatores climáticos (alta ou baixa radiação, temperaturas excessivamente altas ou baixas, precipitação deficiente, seca, ventos fortes) e condições do solo (altas concentrações de sal e minerais ou deficiência mineral, acidez, baixa concentração de oxigênio);
- fatores bióticos – adensamento de plantas, uso intenso das plantas por animais e microorganismos, ações antropogênicas.

Raramente na natureza ocorre um fator de estresse sozinho e sem a influência de outros fenômenos. Frequentemente, múltiplos estresses estão envolvidos, em uma combinação de fatores (LARCHER, 2001). A análise individualizada de uma prática agrícola que possa minimizar um fator de estresse é uma análise parcial e deve ser ampliada para o conjunto de práticas adotadas no sistema produtivo e redesenho de todo o sistema, de modo que os múltiplos estressores possam ser

contornados.

Entre os fatores estressores, capazes de promover o desequilíbrio metabólico que age sobre a proteossíntese e, consequentemente, sobre a resistência da planta, Chaboussou (1999) destaca:

- fatores intrínsecos, que envolvem a constituição genética da planta (a espécie e a variedade, a idade dos órgãos ou da planta);
- fatores abióticos: o clima (energia solar, temperatura, umidade, precipitação, influências cósmicas);
- fatores culturais: o solo (composição química, estruturação, aeração), a fertilização (orgânica e mineral), a enxertia (influência do porta-enxerto sobre a fisiologia do enxerto e reciprocamente), o tratamento com agrotóxicos (desencadeamento de desequilíbrios biológicos).

Um conjunto de práticas agrícolas baseadas nos princípios agroecológicos pode ser bastante eficaz no manejo da complexidade ambiental e na contribuição ao equilíbrio trofobiótico, resultando em menor vulnerabilidade das plantas à incidência de pragas e doenças. Essas práticas deverão sempre incluir (ALTIERI, 2002):

- cobertura vegetal como uma medida eficiente na conservação do solo e da água, através do uso de plantio direto, cobertura morta, cobertura viva etc;
- suprimento regular de matéria orgânica (esterco, composto) e promoção da atividade biótica do solo;
- mecanismos de reciclagem de nutrientes através do uso de rotações de culturas, sistemas integrados de produção de plantas e animais, sistemas agroflorestais e sistemas consorciados;
- controle de pragas, com maior atividade dos agentes de controle biológico, alcançada por intermédio do manejo da biodiversidade e da introdução e/ou conservação dos inimigos naturais;
- maior capacidade de uso múltiplo da paisagem;

A Teoria da Trofobiose sob a abordagem

- manutenção da produção sem uso de insumos químicos que degradam o ambiente.

Não desconsiderando uma série de práticas culturais recomendadas no manejo agroecológico preconizado pela agricultura orgânica, algumas práticas principais podem ser destacadas pela sua efetividade à trofobiose:

- uso eficiente da irrigação;
- formação de quebra-ventos;
- adubação orgânica;
- manejo nutricional do plantio;
- emprego de biofertilizantes e caldas fertiprotetoras;
- calagem e gessagem;
- uso de espécies e variedades adequadas às condições edafoclimáticas locais;
- manutenção da cobertura do solo;
- exclusão do uso de agrotóxicos.

Uso eficiente da irrigação

Em regiões de baixa precipitação pluviométrica ou de distribuição irregular das chuvas durante o ano, o uso eficiente da irrigação procura manter a umidade do solo sempre em condições adequadas para o desenvolvimento das plantas, sem falta nem excesso de água. O déficit hídrico como fator de estresse ocorre quando muito pouca água está disponível à planta.

Não há processo vital que não seja afetado de alguma forma pelo declínio do potencial hídrico, alterando numerosas funções celulares. A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência, associada à diminuição do processo de crescimento. O metabolismo das proteínas e dos aminoácidos é logo limitado (LARCHER, 2001; FUMIS & PEDRAS, 2002).

Quando a turgescência começa a diminuir são iniciadas medidas osmorregulatórias. A combinação de síntese de compostos orgânicos nitrogenados e a conversão de amido para carboidratos solúveis ocasiona a acumulação de substâncias orgânicas de baixo peso molecular

nos compartimentos celulares e no citosol (LARCHER, 2001). Essa disfunção ocorre sob diversas condições de estresse (não apenas hídrico)¹.

Formação de quebra-ventos

O efeito físico do vento, em áreas que tendem a ter vento mais constante, pode desenvolver condições desfavoráveis às plantas, como a dessecação. No desenho de agroecossistemas sustentáveis devem ser consideradas as técnicas capazes de mitigar os aspectos negativos do vento, como os quebra-ventos.

A abertura dos estômatos na folha da planta leva a um espaço de ar na qual a troca de gás ocorre nas paredes das células circundantes. Neste espaço, saturado de umidade, o vapor d'água flui de dentro para fora da folha, criando uma camada limítrofe de ar saturado ao redor da superfície da folha. O vento remove essa camada, aumenta a transpiração e a perda de água pela planta. Esta perda pode ser prontamente substituída por absorção pelas raízes e transporte subsequente para as folhas, mas se a taxa de dessecação exceder à da substituição, pode ocorrer murcha e conseqüente desequilíbrio metabólico (GLIESSMAN, 2005).

A formação de barreiras ou de faixas de vegetação nas margens dos cultivos proporciona também uma redução na dispersão de pragas (como pulgões e tripses) pelo vento na área cultivada (ALTIERI *et al.*, 2003).

Adubação orgânica

De acordo com Paschoal (1996), ao contrário dos fertilizantes minerais solúveis, os adubos orgânicos fornecem todos os macro e micronutrientes que as plantas precisam e em doses proporcionais, sem excessos nem carências. Por isso culturas adubadas organicamente acham-se perfeitamente

equilibradas em seu metabolismo, não ocorrendo acúmulos de substâncias solúveis, o que as tornam mais resistentes à ação deletéria das espécies daninhas. Estimulando a proteossíntese, o húmus protege as plantas de pragas e doenças. A matéria orgânica humificada do solo também melhora as propriedades físicas e biológicas do solo, permitindo que as raízes desenvolvam-se mais e assim a planta (cultura) consiga competir mais satisfatoriamente com as plantas invasoras (espontâneas). Estimuladas pelas substâncias húmicas, a raiz aumenta sua capacidade de absorção de nutrientes e outros compostos minerais e orgânicos liberados no solo pela maior atividade microbiana. Desta forma é que se alcança, na prática da Agricultura Orgânica, uma condição de resistência fisiológica da plantas às pragas e doenças, permitindo uma maior sustentabilidade do sistema de produção.

Manejo nutricional do plantio

Todos os aspectos da resistência fisiológica das plantas estão intimamente relacionados com o "status" nutricional das plantas e refletem tanto uma modificação no ambiente nutricional do patógeno como na ação de enzimas e na produção e acúmulo de compostos inibidores da patogênese, como as fitoalexinas (ZAMBOLIM & VENTURA, 1996; POLITO, 2006; DEFFUNE, 2007).

Muitos estudos demonstram a estreita relação entre a nutrição mineral e a resistência da planta a patógenos, verificando-se que alguns nutrientes aumentam a severidade da incidência de doenças e pragas, enquanto outros a reduzem, devendo-se buscar uma nutrição equilibrada. Os mecanismos de resistência fisiológica pelos nutrientes têm sido associados à regulação de aminoácidos e à síntese de proteínas. O nitrogênio normalmente estabelece a composição de certos aminoácidos e proteínas, enquanto que o zinco e outros elementos interagem com o nitrogênio para regular aminoácidos, amidas e a concentração de

proteínas (SIQUEIRA & FRANCO, 1988; PRIMAVESI, 1994; ZAMBOLIM & VENTURA, 1996; POLITO, 2006).

Os elementos minerais não somente servem como substratos, mas também determinam a rota das reações fisiológicas do metabolismo. O aumento da taxa de respiração, permeabilidade celular e a translocação podem aumentar a disponibilidade de nutrientes para o patógeno. O estado nutricional do hospedeiro é particularmente crítico no caso de patógenos obrigatórios. A concentração de determinados vírus é proporcional ao vigor do hospedeiro (ZAMBOLIM & VENTURA, 1996).

O manejo nutricional deve considerar, no entanto, não apenas o aporte de nutrientes às plantas, em adequadas proporções, mas a redução das perdas de nutrientes no sistema. De acordo com Feiden (2001), enquanto nas regiões temperadas os solos são ricos em nutrientes e a atividade biológica é lenta e sofre interrupções ocasionadas pelo inverno rigoroso, em regiões tropicais e equatoriais úmidas, os solos são pobres e a atividade biológica é intensa. Em nossas condições tropicais, a melhor estratégia para conservar os nutrientes no sistema é mantê-los fixados na matéria orgânica, tanto nas plantas vivas como na matéria orgânica do solo. Assim, a imobilização de nutrientes, que é considerado como um aspecto negativo no manejo convencional de fertilizantes, sob o enfoque agroecológico passa a ser um mecanismo chave na manutenção dos nutrientes no agroecossistema.

Emprego de biofertilizantes e caldas fertiprotetoras

Os biofertilizantes líquidos, na forma de fermentados microbianos enriquecidos, funcionam como promotores de crescimento (equilíbrio nutricional) e como elicitores na indução de resistência sistêmica na planta. Além disso, ajudam na proteção da planta contra o

ataque de doenças, por antibiose, e contra o ataque de pragas, por ação repelente, fagodeterrente (inibidores de alimentação) ou afetando o seu desenvolvimento e reprodução (MEDEIROS, 2002; MEDEIROS et al., 2003). Embora existam diferentes formas de preparo de biofertilizantes, na agricultura orgânica praticada no Agreste Sergipano tem sido predominantemente utilizado o chamado Biogeo, enriquecido com o composto orgânico Microgeo® (SEBRAE/SE, 2006a; SEBRAE/SE, 2006b).

Os biofertilizantes possuem compostos bioativos, resultantes da biodigestão de compostos orgânicos de origem animal e vegetal, contendo células vivas ou latentes de microrganismos de metabolismo aeróbico, anaeróbico e fermentação (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos), além de metabólitos e quelatos organominerais (MEDEIROS et al., 2003). Os biofertilizantes contribuem significativamente para o manejo nutricional do plantio e seu equilíbrio trofobiótico, no sistema de produção orgânica. Alves et al. (2001) destacam sua importância para o controle sustentável das pragas e redução dos custos de produção da cultura, devendo fazer parte do manejo agroecológico para a cultura, levando em conta sua influência sobre as relações trofobióticas das plantas e pragas.

Caldas fertiprotetoras (sulfocálcica, bordalesa e viçosa) têm ação inseticida, acaricida, fungicida e nutricional, preparadas pelos agricultores e pulverizadas sobre as plantas objetivando o controle de doenças e o aumento da resistência da planta às pragas, restabelecendo o equilíbrio trófico e fornecendo cálcio, cobre, enxofre e micronutrientes (POLITO, 2000; ANDRADE & NUNES, 2001; MEDEIROS et al., 2007). No caso da calda sulfocálcica, o enxofre tem efeito no sistema de proteossíntese, ligado especialmente à metionina e cisteína (POLITO, 2005).

Calagem e gessagem

Para correção da acidez do solo, recomenda-se a calagem, com aplicação de calcário não superiores a 2 t/ha por ano (FEIDEN, 2001), calculadas com base na análise de solo para corrigir deficiência de cálcio e magnésio ou neutralização de alumínio trocável.

A aplicação do gesso agrícola (gessagem), além de adicionar enxofre ao sistema, favorece o transporte de Ca e Mg para camadas mais profundas do solo, estimulando a penetração das raízes. Com o melhor desenvolvimento radicular a planta aumenta sua capacidade de absorção de água e nutrientes, tornando-se menos vulnerável à baixa unidade e reciclando os nutrientes arrastados às camadas mais profundas do solo. O gesso também pode ser usado, eventualmente, no tratamento contra salinidade do solo ², assim tornado, por exemplo, pela má utilização da irrigação ou ausência de drenagem.

Uso de espécies e variedades adequadas às condições edafoclimáticas locais

O modelo de agricultura convencional enfatiza as monoculturas e o plantio de variedades mais produtivas e com pequena variabilidade genética, criando sistemas ecológicos muito simplificados e instáveis, favorecendo o estabelecimento e multiplicação de pragas e doenças (PASCHOAL, 1996). Estas variedades, em geral, só respondem ao potencial produtivo quando associadas a um pacote tecnológico que utilize altas doses de agrotóxicos e fertilizantes. Já as culturas tradicionais foram adaptadas às condições reinantes do ambiente, especialmente às condições adversas (PRIMAVESI, 1994) e são, portanto, menos suscetíveis a estresses causados por condições ambientais desfavoráveis.

Manutenção da cobertura do solo

No manejo ecológico do solo utiliza-se cobertura do solo, seja através de plantas vivas ou de cobertura morta, a fim de

proteger a superfície do solo da intensa radiação solar, evitando a queima da matéria orgânica do solo, reduzindo a amplitude térmica da superfície, a perda de água por evaporação, o impacto das gotas de chuva sobre a superfície e a velocidade do escoamento superficial do excesso de água das chuvas (PRIMAVESI, 1986; PRIMAVESI, 1994; FEIDEN, 2001; ALTIERI, 2002).

A estratégia de manutenção da cobertura do solo, além de proteger o solo das perdas de nutrientes pela erosão, também atua no sentido de manter estes nutrientes na biomassa do sistema (FEIDEN, 2001).

Alta radiação, alta temperatura e baixa umidade são fatores causadores de estresse e de distúrbios metabólicos (LARCHER, 2001), que podem ser evitados ou reduzidos pela cobertura do solo.

Exclusão do uso de agrotóxicos

Numerosos estudos, discutidos por CHABOUSSOU (1999), demonstram o aumento da sensibilidade das plantas ao ataque de pragas e doenças após tratamentos com agrotóxicos.

A despeito das barreiras que devem ultrapassar os agrotóxicos, sejam sistêmicos ou não, sejam fungicidas, inseticidas ou herbicidas, penetram mais ou menos nos tecidos da planta e, portanto agem sobre seu metabolismo, reduzindo a proteossíntese, acumulando aminoácidos livres e açúcares redutores, utilizáveis pelas pragas e agentes fitopatogênicos (PASCHOAL, 1996; CHABOUSSOU, 1999; ALVES *et al.*, 2001).

A identificação de quão eficazes são as práticas agrícolas utilizadas no sistema adotado para que se atinja um bom nível de sustentabilidade requer uma abordagem sistêmica. Uma prática, isoladamente, não é capaz de promover efeitos sobre a sustentabilidade agrícola, se não forem implementadas em todo o sistema, práticas sustentáveis de manejo. A prática agrícola é apenas uma parte de um todo, que é o sistema

agrícola.

As práticas convencionais de manejo atuam principalmente na tentativa de controlar rigidamente e homogeneizar todas as condições isoladamente, sem considerar a complexidade característica do sistema e suas interações ecológicas e simplificando os agroecossistemas. A Agroecologia, por outro lado, enfatiza a necessidade de estudar tanto as partes quanto o todo, de modo que o manejo do agroecossistema leva em conta os efeitos de qualquer ação ou intervenção sobre o sistema como um todo, desenhando práticas que visam reforçar seu funcionamento e suas qualidades (GLIESSMAN, 2005).

Pragas e doenças não podem ser alvos, nessa abordagem sistêmica, do uso apenas de determinadas práticas. De acordo com DEFFUNE (2007), as causas de pragas e doenças resultam da combinação de desequilíbrios ambientais, nutricionais e genéticos, desfavoráveis às plantas cultivadas, cujos tecidos se tornam campo favorável aos parasitas e cujas defesas orgânicas são ou estão temporariamente insuficientes.

Enquanto nos animais a resistência e resposta imunológica individual têm um papel significativo, nos vegetais a resistência é coletiva, populacional e muito mais dependente do equilíbrio de fatores ambientais, ou seja, da saúde do agroecossistema ou organismo agrícola como um todo. Saúde esta obtida a partir de princípios agroecológicos no desenho de agroecossistemas sustentáveis (Figura 1).

Abordagem sistêmica da agricultura e visão sistêmica da resistência fisiológica vegetal

Na agricultura, o enfoque sistêmico tem se tornado cada vez mais necessário, devido à crescente complexidade de sistemas organizados e manejados pelo homem e da emergência do conceito de sustentabilidade. A grande maioria dos sistemas agropecuários tem requerido uma abordagem holística e multidisciplinar, a fim de

melhor serem entendidos e analisados. Nessa abordagem sistêmica é visado o estudo do desempenho total de sistemas, em vez de se concentrar isoladamente nas partes (PINHEIRO, 2000).

Uma das debilidades da abordagem agrônômica convencional no manejo de agroecossistemas, segundo Gliessman (2005), é que ela ignora as interações de fatores e a complexidade ambiental. As necessidades da cultura são consideradas isoladamente e cada fator é manejado separadamente. O manejo agroecológico, ao contrário, considera o sistema de produção como um todo e reconhece que o ambiente no qual um organismo individual ocorre precisa ser compreendido como um conjunto dinâmico, em constante mudança, de todos os fatores ambientais em interação.

O estudo da resistência fisiológica vegetal, que tem um dos mecanismos na Trofobiose, considera que o ambiente de uma planta cultivada individual é composto de muitos fatores que interagem e que o manejo sustentável do agroecossistema requer o conhecimento da complexidade do

ambiente, de como cada fator afeta ou é afetado pelos outros e de como esses fatores podem ser manejados. Contempla, portanto, uma visão sistêmica.

A Trofobiose está inserida no contexto mais amplo da chamada Resistência Sistêmica Vegetal (WALDEMAR, 2002; DEFFUNE, 2007). Em conjunto com outros mecanismos (como a coevolução e as fitoalexinas), compõe uma complexa interação de fatores que determinam a resistência fisiológica vegetal. A coevolução refere-se à resposta adaptativa interativa de duas espécies levando a mudanças evolutivas de uma sobre a outra. As fitoalexinas são substâncias de defesa contra infecção (DEFFUNE, 2007).

Trofobiose como mecanismo para sustentabilidade do agroecossistema

A sustentabilidade é definida por Conway (1987) como a habilidade de uma agroecossistema em manter a produtividade quando submetido a grande distúrbio. Esse distúrbio, atual ou potencial, pode ser causado por um estresse intensivo, freqüente ou contínuo,

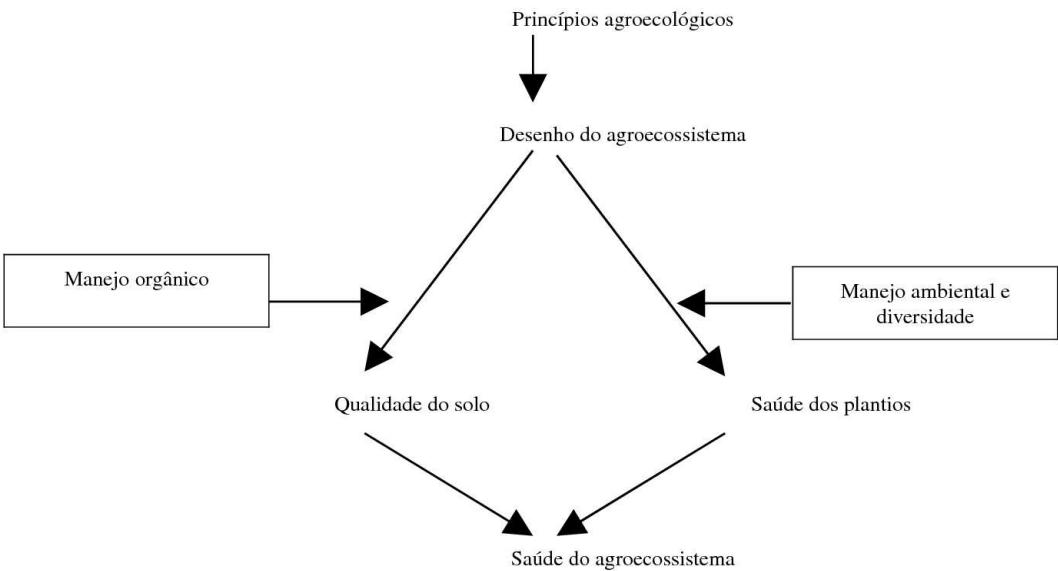


Figura 1 – Aspectos para o desenho de agroecossistemas saudáveis. Adaptado de ALTIERI & NICHOLLS (2003).

capaz de gerar efeitos cumulativos. Alternativamente, o distúrbio pode ser causado por um choque, definido como infreqüente, relativamente grande e imprevisível distúrbio que tem potencial de criar uma grande perturbação imediata.

A sustentabilidade pode determinar a persistência ou durabilidade da produtividade do agroecossistema, em função das características intrínsecas do agroecossistema, da natureza e força do estresse e choque a que está submetido, e da ação humana introduzida para conter esse estresse ou choque (CONWAY, 1987). Na medida em que trofobiose apresenta relação direta com os distúrbios metabólicos causados pelo estresse fisiológico das plantas (seja por déficit hídrico, alta radiação e temperatura, desequilíbrio nutricional, aplicação de agrotóxicos, ou qualquer outro motivo), está consequentemente, relacionada também com a determinação das respostas da produtividade a esses distúrbios e à correspondente sustentabilidade do agroecossistema. A ação humana, através de práticas agroecológicas, poderá conter ou regular o estresse, de modo a manter a sustentabilidade e o nível de produtividade.

Conway (1987) alerta que, em algumas situações, a ação humana pode se tornar parte do problema porque, direta ou indiretamente, gera estresses ou choques, como a aplicação freqüente de agrotóxicos, que pode induzir a resistência de pragas ao agrotóxico, sendo necessário aumentar o número de aplicações para manter a produtividade, podendo causar uma situação insustentável, de colapso da produtividade. No caso da trofobiose, a aplicação do agrotóxico poderá causar um distúrbio metabólico na planta, com aumento de substâncias (aminoácidos livres e açúcares solúveis) que irão favorecer a nutrição e desenvolvimento de diversos fitoparasitas, sendo necessário, para o controle, novas e maiores aplicações de agrotóxicos, tornando a

produtividade do agroecossistema também insustentável.

De acordo com Marten (1988), um sistema de tecnologia agrícola é um projeto para um agroecossistema, especificando todas as produções que podem ser empregadas num arranjo espacial e temporal e todos os insumos que entram no sistema para produzir o que se deseja, com todos os costumes e concepções que um sistema de cultivo possui. A estrutura de um agroecossistema, por sua vez, é consequência não apenas do projeto agrícola, mas também das condições ambientais (clima, solo, topografia, organismos da área) que definem os recursos disponíveis para a implantação de um agroecossistema, e dos agricultores e suas condições sociais (valores humanos, instituições e habilidades), que influenciam na interação entre eles e o ecossistema de que fazem parte, determinando como a tecnologia pode ser empregada para moldar o ambiente para um agroecossistema. Essa forma, Marten (1988) destaca o caráter multidimensional da sustentabilidade e demais propriedades dos agroecossistemas, levando em conta as condições ambientais e sociais de um determinado local, quais os tipos de agroecossistemas são mais apropriados para essas condições e identificando pontos vulneráveis no sistema de tecnologia agrícola para sugerir quais devem ser fortalecidos.

As várias dimensões da sustentabilidade de um agroecossistema são concebidas apenas pela tecnologia agrícola de abordagem holística, derivada dos princípios da Agroecologia, como a agricultura orgânica. Na tecnologia convencional, ao contrário, são desconsideradas as interações entre a agricultura, as condições ambientais e as condições sociais, uma vez que as necessidades da cultura são consideradas isoladamente, em que cada fator ambiental é manejado separadamente para alcançar o rendimento

máximo e o melhor resultado econômico.

A trofobiose está relacionada a um manejo do sistema como um todo, em que vários fatores (e a interação entre eles) contribuem para a existência de condições adequadas de equilíbrio trofobiótico. Portanto, apenas através de uma tecnologia de abordagem sistêmica, em que a estrutura e as funções do agroecossistema sejam analisadas de maneira holística, é possível a trofobiose expressar seu equilíbrio, promovendo um aumento da sustentabilidade.

Considerações finais

Os princípios e métodos agroecológicos são essenciais para determinar se uma prática, insumo ou decisão de manejo agrícola é sustentável. As práticas de agricultura orgânica, baseadas nos princípios da Agroecologia, proporcionam o desenho de agroecossistemas sustentáveis.

O conjunto de práticas agrícolas escolhidas pode ser bastante eficaz no manejo da complexidade ambiental e na contribuição ao equilíbrio trofobiótico, resultando em menor vulnerabilidade das plantas à incidência de pragas e doenças.

A resistência fisiológica vegetal, que tem um dos mecanismos na Trofobiose, contempla uma visão sistêmica, ao considerar que o ambiente de uma planta cultivada individual é composto de muitos fatores que interagem e que o manejo sustentável do agroecossistema requer o conhecimento da complexidade do ambiente, de como cada fator afeta ou é afetado pelos outros e de como esses fatores podem ser manejados.

A trofobiose está relacionada a um manejo do sistema como um todo, em que vários fatores (e a interação entre eles) contribuem para a existência de condições adequadas de equilíbrio trofobiótico, promovendo um aumento da sustentabilidade.

Notas

1 “Toda circunstância desfavorável à formação

de nova quantidade de citoplasma, isto é, desfavorável ao crescimento, tende a provocar na solução vacuolar das células um acúmulo de compostos solúveis inutilizados, como açúcares e aminoácidos; este acúmulo de produtos solúveis parece favorecer a nutrição de microorganismos parasitas e, portanto, diminuir a resistência da planta às doenças parasitárias”. Op. Cit.: DUFRÉNOY (1936), apud CHABOUSSOU (1999).

2 A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica restando a água, além da ação dos íons sobre o protoplasma (distúrbio no balanço iônico e efeito sobre enzimas e membranas). A água é osmoticamente retida em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais torna a água cada vez menos disponível para a planta. A assimilação do nitrogênio é limitada e o metabolismo das proteínas sofre distúrbios (LARCHER, 2001).

Referências Bibliográficas

- ALTIERI, M.. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592p.
- ALTIERI, M & NICHOLLS, C. I. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. **Soil & Tillage Research**, 72:203-211, 2003.
- ALTIERI, M.; SILVA, E. do N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da diversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.
- ALVES, S. B.; MEDEIROS, M. B.; TAMAI, M. A.; LOPES, R.B. Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: Biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biociência**, 21:16-21, 2001.
- ANDRADE, L. N. T. & NUNES, M. U. C. **Produtos alternativos para controle de doenças e pragas em agricultura orgânica**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001 (Documentos, 28).
- CAPORAL, F. R. & COSTABEBER, J. A.. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. 24 p. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas Doentes pelo Uso de Agrotóxicos (A Teoria da Trofobiose)**. 2ª. ed., Porto Alegre: L&PM, 1999. 272p.

- CONWAY, G. R. The Properties of Agroecosystems. **Agricultural Systems**. 24:95-117. 1987.
- DEFFUNE, G. Sistemas de Produção Agroecológicos Integrados. 77 p. (REDCAPA – Curso à distância de Aperfeiçoamento em Agroecologia – 4º. Módulo – Unidade 3). 2007.
- FEIDEN, A. **Conceitos e Princípios para o Manejo Ecológico do Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2001. 21 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 140).
- FUMIS, T. de F. & PEDRAS, J. F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 449-453, 2002.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3ª. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2001. 531p.
- MARTEN, G. C. Productivity, Stability, Sustainability, Equitability and Autonomy as Properties for Agroecosystem Assesment. **Agricultural Systems**. 26:291-316. 1988.
- MEDEIROS, M. B. de Ação de biofertilizantes líquidos sobre a bioecologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, 2002. 110 p. Tese Doutorado.
- MEDEIROS, M. B. de; WANDERLEY, P. A.; WANDERLEY, M. J. A. Biofertilizantes Líquidos: Processo trofobiótico para proteção de plantas em cultivos orgânicos. **Biotechnology Ciência e Desenvolvimento**, 31:38-44, 2003.
- MEDEIROS, M. B. de; SANTOS, D.; BARBOSA, A. da S. Produtos trofobióticos para proteção de plantas. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2(2):1268-1272, 2007.
- PASCHOAL, A.D. Pragas da Agricultura nos Trópicos. 72 p. (ABEAS – Curso de Agricultura Tropical – Módulo 3.1). 1996.
- PINHEIRO, S. L. G. O Enfoque Sistêmico e o Desenvolvimento Rural Sustentável: Uma Oportunidade de Mudança da Abordagem Hard-System para Experiências com Soft-System. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, 1(2):27-37, abr/jun, 2000.
- PINHEIRO, S. & BARRETO, S. B. “**MB-4**”: **Agricultura Sustentável, Trofobiose e Biofertilizantes**. Fundação Juquira Candiru / MIBASA, 1996. 273 p.
- POLITO, W. L. Calda sulfocálcica, bordalesa e viçosa: os fertiprotetores no contexto da trofobiose. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, 1(3):20-21, 2000.
- POLITO, W. L. Fitoalexinas e a Resistência Natural das Plantas às Doenças. 2005. Disponível em [www.ppi-ppic.org/ppiweb/pbrazil.nsf/\\$FILE/Palestra%20Wagner%20Luiz%20Polito.ppt](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/pbrazil.nsf/$FILE/Palestra%20Wagner%20Luiz%20Polito.ppt). Acesso em 05 de setembro de 2006.
- POLITO, W. L. The Trofobiose Theory and organic agriculture: the active mobilization of nutrients and the use of rock powder as a tool for sustainability. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78 (4): 765-779, 2006.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1986. 541 p.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico de Pragas e Doenças: técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 1994.
- SEBRAE/SE. Diagnóstico do Sistema de Produção Orgânica dos Associados da Associação dos Produtores Orgânicos do Agreste – ASPOAGRE. Maio/2006. Projeto Agricultura Orgânica. Relatório de Consultoria – Clélio Vilanova Lemos e Silva. 2006a.
- SEBRAE/SE. Diagnóstico do Sistema de Produção Orgânica dos Associados da Associação dos Pequenos e Médios Empreendedores Rurais de Malhador – APM. Setembro/2006. Projeto Agricultura Orgânica. Relatório de Consultoria – Clélio Vilanova Lemos e Silva. 2006b.
- SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. **Biotechnology do Solo: Fundamentos e Perspectivas**. Brasília, MEC – ESAL – FAEPE – ABEAS, 1988. 236p.
- WALDEMAR, C. C. Uma Visão Sistêmica da Resistência Vegetal. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, 16:15-16, 2002.
- ZAMBOLIM, L. & VENTURA, J.A. Resistência a Doenças Induzida pela Nutrição Mineral das Plantas. 45 p. (ABEAS. Curso de Agricultura Tropical – Módulo 3.2.1). 1996.